

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑪ DE 2520882 C1

⑤① Int. Cl. 4:
F42B 5/16
72d, 2

②① Aktenzeichen: P 25 20 882.6-15
②② Anmeldetag: 10. 5. 75
④③ Offenlegungstag: —
④⑤ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 17. 7. 86

war geheim

Erteilt nach § 54 PatG in der ab 1. 1. 81 geltenden Fassung

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:
Dynamit Nobel AG, 5210 Troisdorf, DE

⑦② Erfinder:
Brachert, Heinrich, Dipl.-Chem. Dr., 5210 Troisdorf,
DE; Gerke, Dieter, 3073 Liebenau, DE; Kellner, Gerd,
Dipl.-Ing., 8899 Aresing, DE

⑤⑥ Im Prüfungsverfahren entgegengehaltene
Druckschriften nach § 44 PatG:

DE-OS 23 13 856
DE-OS 21 37 561
DE-OS 20 59 571
FR 13 00 941
FR 4 37 228

Einspruch bis: 17.10.86

 RHEINMETALL
Patentabteilung
Kartei

⑤④ Ein- oder mehrbasige Pulverkörper für Treibladungen und Verfahren zu ihrer Herstellung

DE 2520882 C1

DE 2520882 C1

Patentansprüche:

1. Ein- oder mehrbasige Pulverkörper für Treibladungen, mit mehreren Innenkanälen, wobei die Innenkanäle nach Querschnittsfläche und gegebenenfalls Querschnittsform unterschiedlich sind, dadurch gekennzeichnet, daß der Querschnitt wenigstens eines Teils der Innenkanäle kleiner bemessen ist als der zum Anzünddruck gehörende, für das Eindringen der Anzündflamme in die Innenkanäle maßgebende kritische Querschnitt, so daß wenigstens ein Teil der Innenkanäle verzögert erst mit ansteigenden Gasdrücken oberhalb des Anzünddruckes anzündbar ist.

2. Pulverkörper nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der überwiegende Teil der Innenkanäle bezüglich ihrer Querschnittsabmessungen in einer vorgegebenen Verteilung zwischen etwa 10 und 250 μ , vorzugsweise zwischen etwa 50 und 150 μ , festgelegt ist.

3. Pulverkörper mit mehreren ringförmig angeordneten Innenkanälen nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß — von der Mantelfläche des Pulverkörpers bzw. der Pulverkörper ausgehend betrachtet — abwechselnd Innenkanäle mit kleiner als der kritische Querschnitt ausgebildetem Querschnitt und größer als der kritische Querschnitt ausgebildetem Querschnitt aufeinanderfolgend angeordnet sind.

4. Verfahren zur Herstellung von Pulverkörpern nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der bzw. die Pulverkörper im Lösemittelverfahren hergestellt und die Pulverkörper zur Erzielung der gewünschten Verteilung der maßgeblichen Querschnittsabmessungen partiell unterschiedlich stark geschrumpft werden.

Die Erfindung bezieht sich auf den im Oberbegriff des Anspruchs 1 angegebenen Gegenstand und auf ein zugehöriges Herstellungsverfahren.

Es ist bekannt, z. B. durch die DE-OS 20 59 571, 21 37 561 und 23 13 856, daß bei Rohr Waffen die Mündungsgeschwindigkeit bei unveränderter Rohrlänge, Geschoßmasse und maximalem Gasdruck erhöht werden kann, wenn Ladungsteile verzögert an- und abbrennen. Diese sogenannte innenballistische Leistungssteigerung kann mittels eines Duplex- oder Mehrfachladungsaufbaus erreicht werden, bei dem die Gesamtladung aus zwei oder mehreren Teilladungen besteht, die unterschiedlich in Geometrie und Zusammensetzung sein können. Es ist bisher jedoch noch nicht zufriedenstellend gelungen, ein solches System zur Serienreife zu bringen. Die Gründe liegen überwiegend in der unzureichenden Sicherheit und Reproduzierbarkeit des Anbrandvorgangs der zweiten und gegebenenfalls weiteren Teilladungen. Die gewollte Verzögerung dieses Anbrandvorgangs wurde bisher durch Verkapseln oder Phlegmatisieren der Oberflächen der Pulverkörper erreicht. Die Innenballistik verlangt jedoch wegen der Einhaltung einer bestimmten Maximaldrucktoleranz eine so exakte, reproduzierbare Zuschaltung der zweiten

und gegebenenfalls weiteren Ladungen, daß dies durch die zusätzlichen herkömmlichen mechanischen oder chemischen Mittel für die gewollte Anbrandverzögerung nicht zufriedenstellend erreicht werden kann.

Es ist ferner durch Steinhilper, »Gasgeschwindigkeit und Druckaufbau in den Kanälen von Röhrenpulvern«, Explosivstoffe 1970, Seiten 217 bis 230, bekannt, daß eine Flamme in Rissen sich immer dann ausbreitet, wenn die Riß- oder Spaltbreite einen bestimmten »kritischen« Wert übersteigt. Ist die Rißbreite kleiner als dieser »kritische« Wert, so kommt es zu keiner Ausbreitung der Flammenfront im Riß. Die Anfangstemperatur des Pulvers hat einen nur geringen Einfluß auf diese kritische Spaltbreite. Sie nimmt mit zunehmender Pulvertemperatur leicht ab. Von erheblichem Einfluß ist jedoch der Druck, unter dem die Verbrennungsgase stehen, da die kritische Spaltbreite mit zunehmendem Druck überlinear abnimmt. Bei den bekannten Röhren- oder Lochpulvern liegt der Durchmesser des bzw. der Innenkanäle oberhalb dieser kritischen Spaltbreite, so daß die Anzündgase voll in die Innenkanäle der Pulverkörper eindringen und ein gleichmäßiges Anzünden der gesamten Treibladungsoberfläche bewirken.

Weiterhin sind Treibladungen bekannt, die aus Pulverkörpern mit mehreren Innenkanälen unterschiedlicher Querschnittsfläche und Querschnittsform aufgebaut sind. Eine solche Teibladung ist beispielsweise in der FR-PS 4 37 228 beschrieben. Die Innenkanäle dienen hier wie auch bei den anderen bekannten Treibladungen zur Vergrößerung der Abbrandoberfläche und damit zur Beschleunigung des Abbrandes. Sie sind so ausgebildet, daß die Treibladung auf ihrer ganzen Abbrandoberfläche gleichzeitig angezündet wird. Eine Leistungssteigerung durch Anbrandverzögerung liegt daher nicht vor.

Herkömmliche Munition weist im allgemeinen einen positiven Temperaturgradienten auf, d. h., mit zunehmender Munitionstemperatur nehmen der Maximaldruck und in begrenztem Umfang die Mündungsgeschwindigkeit zu. Der maximal zulässige Höchstdruck in dem entsprechenden Waffensystem wird folglich bei der höchsten zugelassenen Temperatur erreicht. Eine derartige progressive Temperaturcharakteristik ist unvorteilhaft. Anzustreben ist vielmehr eine solche Ausbildung des Treibladungspulvers, daß die entsprechende Munition, möglichst im Bereich ihrer Hauptgebrauchstemperatur, eine weitgehend temperaturunabhängige Charakteristik aufweist. Der maximale Gasdruck wird dann nicht bei der höchsten zugelassenen Temperatur erreicht, sondern bereits bei einer niedrigeren. Da dieses Teibladungspulver dann im Vergleich zum herkömmlichen wegen des kleineren positiven bzw. negativen Temperaturgradienten ein plateauähnliches Verhalten aufweist, ändern sich also der Druck und die Geschwindigkeit ausgehend vom vorgenannten Maximalwert mit fallender bzw. steigender Temperatur — zumindest in einem gewissen Bereich — weniger stark als beim herkömmlichen Pulver. Man erhält sozusagen eine konstant-degressive Temperaturbandcharakteristik, wodurch der maximale Leistungsbereich der Waffe über einen größeren Temperaturbereich ausgedehnt wird. Sofern dieser Plateaubereich bzw. plateauähnliche Bereich den Haupteinsatzbereich einer Waffe, z. B. +15 bis +60°C, abdeckt, eliminiert bzw. verringert man den sonst üblichen Temperatureinfluß auf die Visiereinrichtung und die Zielwirkung. Dabei kann dann auch für den Auslegedruck der Munition bei Normaltemperatur bereits der zulässige Höchstdruck des Waffensystems oder

doch fast dieser Höchstdruck festgelegt werden.

Bei Normaltemperatur ergibt sich auf diese Weise eine Leistungsverbesserung, die je nach Temperaturgradient der konventionellen Munition sehr beträchtlich sein kann. In einem Zahlenspiel soll dieses nachstehend näher erläutert werden: Eine Rohrwaffe sei begrenzt durch einen maximal zulässigen Druck p von 4000 bar. Das vorgeschriebene Temperaturband reiche von -30 bis $+60^\circ\text{C}$. Die konventionelle Munition hat normalerweise einen Temperaturgradienten für die Geschwindigkeit von 1 m/s je Grad . Eine Geschwindigkeitsänderung von 10 m/s ist bei dieser Waffe mit einer Druckänderung von 200 bar verbunden. Der maximale Druck wird bei $+60^\circ\text{C}$ gerade erreicht, die dabei erzielte Mündungsgeschwindigkeit v_0 beträgt 1000 m/s . Nach den obigen Annahmen ergeben sich damit bei $+15^\circ\text{C}$ die Werte $v_0 = 955\text{ m/s}$ und $p = 3100\text{ bar}$. Eine Munition mit einem Treibladungspulver mit Plateauverhalten im Haupteinsatzbereich von z. B. $+15$ bis $+60^\circ\text{C}$ würde dagegen in diesem Bereich die Maximalwerte, d. h. $v_0 = 1000\text{ m/s}$ und $p = 4000\text{ bar}$, erreichen oder doch wenigstens fast erreichen.

Zur Erreichung dieses Zieles wird in der FR-PS 13 00 941 ein Verfahren zur Herstellung von Treibladungs-Lochpulvern mit geringem Temperaturgradienten beschrieben, gemäß dem die Pulverkörner eine differenzierte Nachbehandlung erfahren. Bei dieser Nachbehandlung werden die Pulverkörner mit dem Behandlungsmittel, z. B. symmetrischem Diäthylphenylharnstoff (Centralit I), derart imprägniert, daß man eine abgestufte Verteilung des Behandlungsmittels auf der äußeren Kornoberfläche gegenüber der inneren Oberfläche der Kanäle erhält. Um dabei das Eindringen des Behandlungsmittels in die Innenkanäle der Pulverkörner zu vermeiden oder zu begrenzen, kann die differenzierte Nachbehandlung durch die Wahl der Innenkanaldurchmesser, durch die Viskosität und die Temperatur des Behandlungsmittels sowie durch die Temperatur und die Dauer der Imprägnierung geregelt werden.

Dieses bekannte Verfahren stellt jedoch in der Praxis nicht zufrieden, da zum Erreichen des angegebenen Zieles eine verhältnismäßig große Menge des Behandlungsmittels aufgebracht werden muß, bei Centralit I z. B. 2 bis 5 Gew.-%. Diese Behandlungsmittel haben eine negative Bildungsenthalpie und setzen die Gesamtenergie der in einem Ladungsraum vorhandenen Ladungsmasse herab. Darüber hinaus sind so stark oberflächenbehandelte Pulver schwieriger anzuzünden, was im Hinblick auf die Gesamtschußzeit von Nachteil ist. Man ist daher bestrebt, den Anteil derartiger Behandlungsmittel so klein wie möglich zu halten. Hinzu kommt, daß die differenzierte Nachbehandlung sehr zeitraubend ist und den Aufwand bei der Pulverherstellung unerwünscht erhöht.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei Pulverkörpern der im Oberbegriff des Anspruchs 1 genannten Art eine Leistungssteigerung zu erreichen, indem vom Prinzip des Mehrfachladungsaufbaus Gebrauch gemacht, im Gegensatz zu diesem aber eine äußerlich einheitliche Ladungsmasse verwendet wird. Dadurch erübrigt sich die Notwendigkeit einer zusätzlichen äußeren Abschirmung der einzelnen Ladungsteile zum Zweck einer Anbrandverzögerung. Weiterhin soll die Treibladung ein möglichst günstiges Temperaturverhalten aufweisen.

Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt erfindungsgemäß entsprechend den Angaben im Kennzeichen des Anspruchs 1. Die vorzugsweise mehrbasigen Pulverkörper

werden insbesondere als Pulvergranulat mit einem oder mehreren, beispielsweise 7 oder 19, Innenkanälen ausgebildet, so daß die Treibladung als Ganzes aus vielen einzelnen Granulaten zusammengesetzt ist. Ist der Pulverkörper beispielsweise als zylindrisches Neunzehnlochgranulat mit einem Außendurchmesser von $3,5\text{ mm}$ und einer Höhe von $4,0\text{ mm}$ ausgebildet, so ergibt sich mit der üblichen Pulverdichte von $1,6\text{ g/cm}^3$ unter Berücksichtigung der 19 Innenkanäle mit einem mittleren Durchmesser von etwa $130\text{ }\mu$ eine Stückzahl von etwa 18 pro 1 g Ladungsmasse bzw. etwa 1350 Granulate und damit etwa 25 650 Innenkanäle für eine Treibladung von 75 g . Grundsätzlich können die Pulverkörper aber auch mit größeren Abmessungen hergestellt und dann einzeln als Treibladung für z. B. hülsenlose Munition verwendet werden. In diesem Fall weisen die Pulverkörper vorzugsweise erheblich mehr als beispielsweise 19 Innenkanäle auf. Die Treibladung ist insbesondere für kleinere und mittlere Kaliber vorgesehen, kann aber auch bei größeren Kalibern verwendet werden.

Die bekannten Mehrlochpulver besitzen Innenkanäle mit Querschnittsabmessungen oder Durchmessern, deren Größe oberhalb des kritischen Wertes für die Ausbreitung der Flammenfront liegt, so daß ein gleichmäßiges Abbrennen der Pulverkörner gewährleistet ist. Die Innenkanäle weisen vorzugsweise eine kreisförmigen Querschnitt auf, können aber z. B. auch dreieckig, sternförmig od. dgl. sein. Der Einfachheit halber wird nachstehend nur noch von den Querschnittsabmessungen bzw. Durchmesser der Innenkanäle gesprochen. Selbstverständlich ist bei einem nichtkreisförmigen Innenkanalquerschnitt statt dessen diejenige andere Querschnittsabmessung einzusetzen, welche für das Eindringen der Anzündgase in die Innenkanäle maßgeblich ist. Im Gegensatz dazu sind die Durchmesser der Innenkanäle des Pulverkörpers bzw. der Pulverkörper wenigstens zum Teil unterhalb des kritischen Wertes. Beim Anzünden der Treibladung werden daher die äußere Oberfläche der Pulverkörper sowie nur diejenigen Innenkanäle anbrennen, deren Durchmesser größer ist als der kritische Wert, bezogen auf den Anzünddruck, der im allgemeinen zwischen etwa 50 und 200 bar liegt. Der kritische Durchmesser beträgt dabei etwa 100 bis $200\text{ }\mu$. Er ist um so kleiner, je höher der Systemgasdruck infolge des Anzündvorgangs ist. Die Innenkanäle, deren Durchmesser kleiner als der kritische Wert ist, brennen noch nicht, sondern werden erst dann angezündet, wenn infolge Anstiegs des Systemgasdrucks ein Druckwert erreicht ist, der die Anzündbedingung erfüllt. Sofern die Innendurchmesser dieser nicht sofort durch die Anzündung angebrannten Innenkanäle unterschiedlich sind, wird deren Anzündbedingung bei verschiedenen Systemgasdrücken erfüllt, so daß die Innenkanäle einzeln oder gruppenweise nacheinander und damit in der gewünschten Weise verzögert angezündet werden. Innenballistisch bedeutet es jeweils eine sprunghafte Vergrößerung der Abbrandoberfläche und damit quasi ein Umschalten einer Einzelladung. Unter Systemgasdruck wird dabei der in dem Treibladungsraum herrschende Gesamtgasdruck verstanden, der gleich dem Anzünddruck bzw. der Summe aus Anzünddruck und dem durch Abbrand des Pulvers bedingten Druck ist.

Die erfindungsgemäße Anbrandverzögerung und die dadurch bedingte vorteilhafte Aufweitung der Druckkurve in Abhängigkeit von der Zeit sind abhängig von der Verteilung der Innenkanaldurchmesser der zu einem Treibladungsaufbau gehörenden Pulverkörper. Diese Verteilung, d. h., die Anzahl der zu den einzelnen

Durchmesserwerten gehörenden Innenkanäle, ist ihrerseits mit den entsprechenden Parametern der Munition und des Waffensystems verknüpft. Derartige Parameter sind beispielsweise die Anzündung, der Ladungsraum, der Geschoßbodenweg und der maximal zulässige Waffengebrauchsdruck. So muß die Verteilungsfunktion zu kleineren Durchmesserwerten hin verschoben werden, wenn eine schärfere Anzündung, d. h. eine solche mit höherem bzw. schneller ansteigenden Anzünddruck, verwendet wird. Sofern der zur Verfügung stehende maximale Ladungsraum mit Treibladungspulver gefüllt ist, der maximal zulässige Gasdruck aufgrund zu starker Anbrandverzögerung eines Teils der Innenkanäle aber nicht erreicht wird, muß — sofern nicht noch eine Drucksteigerung über eine Erhöhung des Ausziehwerstandes od. dgl. möglich ist — die Verteilungsfunktion zu größeren Durchmesserwerten hin verschoben und damit die Anbrandverzögerung vermindert werden. Je länger der vom Geschoßboden in der Waffe zurückzulegende Weg ist, um so später kann der Brennschluß der Treibladung erfolgen, so daß die Anbrandverzögerung aufgrund dieses Einflusses erhöht, die Verteilungsfunktion also zu kleineren Durchmesserwerten hin verschoben werden kann. Im gleichen Sinne wirkt sich auch eine Erhöhung des maximal zulässigen Waffengebrauchsdruckes aus.

In zweckmäßiger Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, die Verteilungsfunktion der Durchmesserwerte der Innenkanäle entsprechend Anspruch 2 festzulegen. Die Grenzen der im Einzelfall gewählten Verteilungsfunktion liegen für den minimalen Innenkanaldurchmesser bei demjenigen Wert, welcher beim Austritt des Geschosses aus dem Waffenrohr gerade noch Brennschluß ergibt. Für den maximalen Innendurchmesser gibt es vom Prinzip her keine Einschränkung, jedoch ist zu berücksichtigen, daß der Einfluß der tatsächlich erreichten Anbrandverzögerung und damit die erzielte Leistungssteigerung um so geringer werden, je größer die maximalen Durchmesserwerte und je größer deren Anzahl sind. Innenkanäle mit einem Durchmesser größer als 250 μ können im Einzelfall jedoch durchaus vorteilhaft sein, um z. B. die sofort anbrennende Pulveroberfläche zu vergrößern. Diese wenigen großen Innenkanäle müssen dann aber über die eine Treibladung bildenden Pulverkörper so verteilt sein, daß reproduzierbare Verhältnisse gewährleistet sind. Die Verteilungsfunktion kann je nach den Erfordernissen ähnlich einem Ausschnitt aus einer Parabel, Sinuskurve, einer Gaußschen Verteilung od. dgl. sein. Sie kann gegebenenfalls auch zwei oder mehrere Maxima aufweisen. Auch eine zur Abszisse parallele Gerade ist möglich, z. B. bei Einlochpulvern durch Mischen von Pulverkörpern mit entsprechend unterschiedlichem Innenkanaldurchmesser.

Die prozentuale Änderung der Anfangsabbrandoberfläche infolge der aufgezeigten Effekte kann je nach Verteilungsfunktion beträchtliche Werte erreichen. Gegenüber einem herkömmlichen Treibladungspulver mit gleichmäßigem Anbrand ist dadurch in vorteilhafter Weise eine Leistungssteigerung erreicht.

Die erfindungsgemäße Anbrandverzögerung der Innenkanäle ist deutlich in den Fig. 1 bis 4 zu erkennen, die zeichnerische Darstellungen von im gleichen Maßstab aufgenommenen Fotografien zeigen. In der Fig. 1 ist das Ausgangskorn gezeigt, das keine Oberflächenbehandlung aufweist, also ein sogenanntes Grünkorn darstellt. Es handelt sich um ein zylindrisches Neunzehnlochanulat mit 3,5 mm Außendurchmesser, 4,0 mm

Schnittlänge sowie einem mittleren Durchmesser der Innenkanäle von etwa 124 μ . Die Fig. 2 bis 4, die wegen des gleichen Aufnahmemaßstabes direkt mit Fig. 1 und untereinander verglichen werden können, zeigen Pulverkörner, bei denen der Abbrand unterbrochen worden ist, nachdem etwa 30% der Treibladungspulvermasse abgebrannt sind. Die Unterbrechung erfolgte durch Aufsprengen der Abbrandbombe, wobei die Pulverkörner gleichzeitig in eine Wasservorlage ausgetrieben wurden. Alle drei teilweise abgebrannten Pulverkörner stammen aus der gleichen Versuchstreibladung. Fig. 2 zeigt ein Pulverkorn, bei dem bis auf einen in der unteren Figurenhälfte befindlichen Innenkanal alle anderen bereits gebrannt haben. Daß dieser Kanal noch nicht gebrannt haben kann, zeigt sehr deutlich der Größenvergleich mit Fig. 1. Fig. 3 zeigt ein Pulverkorn, das relativ gleichmäßig angebrannt ist, Fig. 4 demgegenüber ein Pulverkorn, das gerade erst beginnt, von innen heraus zu verbrennen.

Bei einer Treibladung mit einer Masse von beispielsweise 75 g verteilen sich infolge der sehr großen Anzahl der Granulate die extremen Unterschiede, wie sie sich in den Fig. 3 und 4 darstellen, statistisch, so daß die Streuung der mit einem solchen Ladungsaufbau erreichten ballistischen Werte im normal zulässigen Bereich liegt. Aus dem vorstehenden ergibt sich, daß für die Optimierung der Leistung und Anpassung des Treibladungspulvers an die Waffenparameter die Verteilungsfunktion der Innenkanäle im sogenannten Grünkorn von erheblichem Einfluß ist. Hierauf gehen primär die Parameter Anzündung, maximale Ladungsmasse, Maximalgasdruck sowie Geschoßbodenweg ein.

Das Treibladungspulver der Fig. 1 bis 4 wies die nachstehende Zusammensetzung auf:

72,2 Gew.-% Nitrocellulose mit 13,17 Gew.-% Stickstoffgehalt,
21,7 Gew.-% Diäthylenglykoldinitrat,
4,6 Gew.-% Nitroguanidin,
0,8 Gew.-% Methyldiphenylharnstoff (Akardit II),
0,7 Gew.-% Kaliumsulfat.

Die Herstellung erfolgt auf dem für Lösemittelpulver üblichen Weg. Die Nitrocellulose wird alkoholflecht eingesetzt. Nitrocellulose, Nitroguanidin, Methyldiphenylharnstoff und Kaliumsulfat werden zuerst für etwa 10 min trocken im Knetwerk gemischt. Danach erfolgt die Lösemittelzugabe, z. B. Aceton. Die Menge ist abhängig von dem Alkoholgehalt der Nitrocellulose und von der gewünschten Konsistenz des Knetgutes, sie liegt meist bei ca. 20 Gew.-%. Nach der Acetonzugabe wird weitere 20 min gemischt bzw. geknetet. Erst jetzt erfolgt die Zugabe des Diäthylenglykoldinitrats, das als Pulverkonzentrat vorliegt. Im Anschluß hieran wird weitere 3 1/2 Stunden bei ca. 30°C geknetet. Nach Beendigung des Knetvorgangs wird das Gut verschlossen einer Reifelagerung von mindestens 3 Tagen unterworfen. Vor der weiteren Verarbeitung, z. B. in einer Topf- oder Strangpresse, wird das Knetgut nochmals 1/2 Stunde aufgeknetet, um die Homogenität zu sichern. Die Formgebung erfolgt vorzugsweise bei Raumtemperatur in einer Strangpresse. Sofort nach Beendigung eines Preßvorgangs werden die Stränge in einer Rundschneidmaschine geschnitten.

Das vorliegende Pulvergranulat wird unmittelbar nach dem Schneidvorgang mit ca. 0,03 Gew.-% Graphit behandelt, um die Leitfähigkeit des noch feuchten Pulvergranulats zu erhöhen und das Zusammenkleben der

einzelnen Pulverkörner während der sich anschließenden Trocknung weitgehend zu vermeiden. Die Trocknung des Pulvergranulats erfolgt vorzugsweise in zwei Phasen. Bei der Raumtrocknung wird das Granulat in Leinensäcken 1 bis 3 Tage bei Raumtemperatur gelagert. Dabei verflüchtigt sich schon ein Großteil des Lösemittels. Der Rest des Lösemittels wird bei der eigentlichen Trocknung entfernt, vorzugsweise dadurch, daß man 1 bis 5 Tage lang 30 bis 60°C warme Luft durch das Pulver leitet. Um das Treibladungspulver von Über- bzw. Untergrößen zu befreien, wird es anschließend durch Sieben sortiert.

Die Verteilung der Durchmesser der Innenkanäle dieses Treibladungspulvers wurde anhand von 10 zufällig ausgewählten Pulverkörnern bestimmt. Die Messung der einzelnen Innenkanaldurchmesser ergab als Verteilung, wobei die Werte bereichsweise zu je 10 µ zusammengefaßt wurden:

Durchmesser in µ	Anzahl
50	1
60	1
70	5
80	4
90	8
100	16
110	22
120	29
130	48
140	35
150	9
160	6
170	4
180	2

Als mittlerer Durchmesser ergibt sich daraus etwa 124 µ.

Der bzw. die Pulverkörper der Treibladung sind zumindest in einem gewissen Temperaturbereich mit steigender Temperatur zunehmend leichter verformbar, so daß bei der erfindungsgemäßen Teibladung ein Teil der Innenkanäle unter der Gasdruckeinwirkung zunehmend zusammendrückbar ist. Dadurch weisen die Pulverkörper ein vorteilhaftes Temperaturverhalten auf, indem diese zusammengedrückten Innenkanäle erfindungsgemäß zur Verminderung oder Kompensierung bzw. Überkompensierung des Einflusses der mit steigender Temperatur zunehmenden linearen Brenngeschwindigkeit des Pulvers erst bei noch weiter erhöhten Gasdrücken anzündbar sind. Auf diese Weise kommt es zu einer dynamischen Druckverformung der noch nicht angezündeten Innenkanäle, d. h. zu einem Zusammenquetschen dieser Innenkanäle, so daß deren lichter Querschnitt noch weiter verkleinert und damit ihre Anzündung zusätzlich verzögert wird. Die Druckverformung ist im wesentlichen abhängig von der Geometrie der Pulverkörper, d. h. der Größe und Anordnung der Innenkanäle im Pulverkörper, dem plasto-elastischen Verhalten und dem auf die Pulverkörper einwirkenden Systemgasdruck, sei es als Anzünddruck oder als Summe aus Anzünddruck und dem durch Abbrand des Treibladungspulvers bedingten Druck. Dabei wird ein noch nicht angezündeter Innenkanal nicht nur von der Außenfläche des Pulverkörpers her einer Druckbeanspruchung unterworfen, sondern auch durch bereits angezündete benachbarte Innenkanäle, in denen z. B. bereits

ein Druck von 1000 bar herrscht, während in dem noch nicht angezündeten Innenkanal ein wesentlich geringerer Druck herrscht. Das plasto-elastische Verhalten der Pulverkörper ist temperaturabhängig, wobei die Verformbarkeit zumindest in einem gewissen Bereich mit steigender Temperatur zunimmt. Im allgemeinen ist die Änderung in der Verformbarkeit bei höheren Temperaturen sehr viel größer als bei niedrigeren, so daß sich die erfindungsgemäße dynamische Druckverformung der noch nicht angezündeten Innenkanäle bei höheren Temperaturen verstärkt auswirkt. Dabei muß der Systemgasdruck hinreichend schnell ansteigen, also z. B. eine entsprechend scharfe Anzündung vorgesehen werden, um die Innenkanäle zu verkleinern, bevor die Anzündflamme in sie hineindringen kann. Als vorteilhaft hat sich bei der Anzündung für mittelkalibrige Munition ein Druckgradient von etwa $0,5 \cdot 10^6$ bis 10^8 bar/s erwiesen. Jedoch kann auch eine schwächere Anzündung vorgesehen werden, wenn das Pulver seinerseits entsprechend rasch anbrennt, so daß der Systemgasdruck schnell ansteigt.

Es kommt also aufgrund der Sperrfunktion eines Teils der Innenkanäle zu Druckunterschieden in den Pulverkörpern, die in Verbindung mit dem temperaturabhängigen plasto-elastischen Verhalten zu einer temperaturabhängigen Verformung der Pulverkörper führen, wodurch es zu einer Verkleinerung der für den Anzündvorgang maßgebenden lichten Weite der noch nicht angezündeten Innenkanäle kommt. Die auf diese Weise temperaturabhängig verzögerte Zuschaltung zusätzlicher Abbrandoberflächen vermindert bzw. kompensiert oder überkompensiert sogar die vermehrte Energiezufuhr infolge Erhöhung der Brenngeschwindigkeit der Pulverladung bei Temperaturzunahme. Umgekehrt werden bei fallender Temperatur die quasi-zusätzlichen Abbrandoberflächen zeitlich früher zugeschaltet, was dem Einfluß der dann abnehmenden linearen Brenngeschwindigkeit entgegenwirkt. Diese Auswirkungen sind dort besonders groß, wo sich die Festigkeitseigenschaften des Treibladungspulvers sehr stark ändern, also bei sehr niedrigen und sehr hohen Temperaturen. Das plasto-elastische Verhalten der Pulverkörper im Temperaturbereich von -40 bis +70°C ist mit einer Änderung des Elastizitätsmoduls zwischen etwa 30 000 und 250 kp/cm² verbunden.

Nach einem anderen, im Anspruch 3 angegebenen Vorschlag der Erfindung werden die Innenkanäle vorzugsweise so angeordnet, daß möglichst viele von ihnen der dynamischen Verformung unterliegen. Bei einem Neunzehnlochgranulat werden also die 12 äußeren Innenkanäle einen kleineren unterkritischen Durchmesser aufweisen als die 6 inneren überkritischen Innenkanäle, während bei einem Dreiundvierziglochgranulat der äußere Ring mit 24 Innenkanälen und der innerste Ring mit 6 Innenkanälen vorzugsweise einen kleineren Innenkanaldurchmesser aufweisen als der mittlere Ring mit 12 Innenkanälen. Damit wird in vorteilhafter Weise erreicht, daß die Innenkanäle des inneren bzw. mittleren Ringes bevorzugt anbrennen, wodurch dann die noch nicht angezündeten Innenkanäle des z. B. äußeren Ringes zusätzlich zur Druckbeanspruchung von der Außenfläche der Pulverkörper her auch von der Innenseite unter Druck gesetzt werden.

Die erfindungsgemäßen Pulverkörper können in vorteilhafter Weise gemäß Anspruch 4 hergestellt werden, wobei die Veränderung der Schrumpfung der im bekannten Lösemittelverfahren hergestellten Ein- oder Mehrlochpulvergranulate die gewünschten unter-

schiedlichen Innenkanaldurchmesser der Granulate ergibt. Die geforderte statistische Verteilung der Durchmesser der Innenkanäle je Ladung wird dabei durch Mischen der fertiggestellten Granulate zu Chargen von mindestens etwa 500 kg sichergestellt. Der Grad der Schrumpfung kann beispielsweise beeinflusst werden durch den Lösungsmittelanteil, das Verhältnis verschiedener Lösungsmittel zueinander, die Temperatur und die Zeitdauer der Schrumpfung. Die Schrumpfung ist um so stärker, je mehr Lösungsmittel verwendet wird. Als Lösungsmittel werden vorzugsweise Gemische aus Äthylalkohol und Äther oder auch Aceton verwendet. Die Lösungsmittelmenge beträgt dabei im allgemeinen zwischen etwa 10 und 40 Gew.-%. Als Lösungsmittel im eigentlichen Sinne wirken Äther bzw. Aceton, deren Anteil im Lösungsmittelgemisch einen minimalen Wert von etwa 10 Gew.-%, bezogen auf das Lösungsmittelgemisch, nicht unterschreiten darf, um noch eine ausreichende Gelatinierung der Pulvermasse zu erreichen. Der maximale Wert liegt bei etwa 70 Gew.-%. Äther oder Aceton werden hinzugefügt, um eine Quellung und Angelatinierung der Nitrocellulose zu erreichen. Die Schrumpftemperatur und -dauer betragen zwischen etwa 30 und 60°C bzw. etwa 24 bis 120 h. Eine steigende Schrumpftemperatur bewirkt eine zunehmende Verhornung der Pulverkörperoberfläche und dadurch eine verringerte Lösungsmittelverdunstung und Schrumpfung.

Eine weitere Möglichkeit für die Herstellung der Pulverkörper mit unterschiedlichen Innenkanaldurchmessern besteht darin, beim Strangpressen, Extrudieren od. dgl. der Pulverkörper für das Ausformen der Innenkanäle Nadeln unterschiedlicher Dicke zu verwenden. Dieses Verfahren ist besonders für die Herstellung von Pulvern ohne Lösungsmittel geeignet, kann aber auch beim Lösemittelverfahren, gegebenenfalls in Verbindung mit einer gewollten unterschiedlichen Schrumpfung, eingesetzt werden. Die unterschiedlich dicken Nadeln können dabei entsprechend den jeweiligen Erfordernissen verteilt auf den Nadelplatten der Formgebungsmatrizen angeordnet werden. Prinzipiell können aber die Innenkanäle auch nachträglich in den bereits ausgeformten Pulverkörpern ausgebildet werden, indem z. B. in den Pulverkörpern eingebettete Drähte entsprechenden Durchmessers nach der Formgebung herausgezogen werden. Gegebenenfalls kann auch vorgesehen werden, die Innenkanäle nachträglich mit Hilfe von Laserstrahlen in den Pulverkörpern auszubilden. Bei der nachträglichen Ausbildung der Innenkanäle kann man die Toleranz für die Durchmesser der Innenkanäle einengen und braucht deshalb für die Reproduzierbarkeit der Leistungswerte ohne nennenswerte Schwankungen nur relativ wenige oder sogar nur einen Pulverkörper. Ein Einsatzbereich für derartige Pulverkörper ist z. B. die hülsenlose Munition.

Die Pulverkörper können gegebenenfalls noch durch eine Oberflächenbehandlung in einem oder mehreren Schritten mit wenigstens einem Weichmacher, vorzugsweise Phthalaten oder Kampfer, in ihren Festigkeitseigenschaften nachträglich verändert und damit den jeweiligen Waffen- und Munitionsparametern optimal angepaßt werden. Das Verfahren ermöglicht eine nachträgliche zusätzliche Veränderung der Form der Temperaturbandcharakteristik in dem Sinne, daß mit zunehmender Behandlungstärke das Maximum der Gasdruck- bzw. Geschwindigkeitskurven zu niedrigeren Temperaturen hin verschoben wird. Bei guter Einstellung der Verteilungsfunktion für die Innenkanaldurch-

messer ist die Menge des in das Pulver nachträglich einzubringenden Oberflächenbehandlungsmittels gering und übersteigt nur selten den Wert von 1 Gew.-%.

Als Beispiele werden nachstehend einige ballistische Ergebnisse angegeben, die das vorteilhafte Verhalten der erfindungsgemäßen Pulverkörper demonstrieren. Die Fig. 5 zeigt den Druck p_{piezo} in bar und die Geschwindigkeit v_{10} in m/s als Funktion der Temperatur T in °C. Der Druck p_{piezo} wurde mit einem Piezoelement im Rohr eines 27 mm-Gasdruckmeßrohres, und zwar im Patronenlager, gemessen, während die Geschwindigkeit v_{10} 10 m vor der Rohrmündung gemessen wurde. Die Treibladung bestand aus 75 g eines dreibasischen Pulvers entsprechend den Fig. 1 bis 4. Deutlich erkennbar ist, daß bereits dieses Pulver ohne Oberflächenbehandlung, also das Grünkorn, Plateau- bzw. Degressivcharakter besitzt. Der Anzünddruck betrug etwa 80 bis 100 bar.

Dieses Grünkorn-Pulver wurde dann oberflächenbehandelt. Die Oberflächenbehandlung erfolgt vorzugsweise in einer beheizbaren Steiltrommel. Das Pulver wird dabei mit 50 Gew.-% Pockholzkugeln auf 50°C erwärmt. Dann wird 1 Gew.-% Alkohol eingesprüht und die Trommel 30 min geschlossen laufengelassen. Danach erfolgt portionsweise die Zugabe von 1 Gew.-% des Behandlungsmittels Di-(2-äthylhexyl)-phthalat in Form einer 10%igen alkoholischen Lösung. 30 min nach der letzten Behandlungsmittelzugabe werden 0,1 Gew.-% Graphit zum Polieren zugegeben. Danach läuft die Trommel noch 30 min geschlossen und anschließend geöffnet, bis die Hauptmenge des Alkohols entwichen ist. Der Rest des Alkohols wird, wie bereits beschrieben, innerhalb von 8 bis 24 h durch warme Luft ausgetrieben.

Die ballistischen Beschußergebnisse dieses Pulvers sind in Fig. 6 angegeben. Das Plateau- bzw. Degressivverhalten hat sich deutlich verstärkt, obwohl die eingearbeitete Menge des Behandlungsmittels vergleichsweise sehr klein ist. Der Anzünddruck betrug dabei etwa 80 bis 100 bar.

In der Fig. 7 ist die Abscherkraft F der vorgenannten Pulverkörper, gemessen in N, als Funktion der Temperatur T aufgetragen. Die Abschereinrichtung wies zwei nebeneinander angeordnete, mit durchgehender Querbohrung für die Aufnahme des temperierten Pulverkorns versehene Schermesser auf. Die beiden Schermesser wurden mittels einer Ziehvorrichtung gegeneinander verschoben, mit der die Abscherkraft nicht statisch, sondern im Millisekundenbereich aufgebracht werden konnte, nämlich 7,8 N/ms. Die Kraft F beim Abscheren des Pulverkorns wurde mittels eines Oszillographen gemessen. Als Ergebnis wurden die Kurven A für das Grünkorn und B für das oberflächenbehandelte Pulver erhalten. Bei den hohen Temperaturen ist ein starkes Absinken der Abscherkraft F zu erkennen. Bei Temperaturen unterhalb von -60°C ist ein Versprödungseffekt zu erwarten, der mit einem entsprechenden Anstieg von F verbunden ist. Die thermische Ausdehnung dieses Pulvers beträgt etwa $2 \cdot 10^{-4}/^\circ\text{C}$.

Die Fig. 8 zeigt die ballistischen Beschußergebnisse einer Treibladung aus 84 g eines Neunzehnlochgranulats mit 3,5 mm Außendurchmesser, 5,8 mm Schnittlänge sowie einem mittleren Durchmesser der Innenkanäle von etwa 120 µ. Auch hier zeigt sich deutlich das angestrebte Degressiv- bzw. Plateauverhalten. Der Zünddruck betrug etwa 80 bis 100 bar.

Das Pulver wies die nachstehende Zusammensetzung auf:

66,1 Gew.-% Nitrocellulose mit 13,17 Gew.-% Stickstoffgehalt,
 22,7 Gew.-% Diäthylenglykoldinitrat,
 9,6 Gew.-% Cyclotrimethylentrinitramin (Hexogen),
 0,5 Gew.-% Akardit II,
 1,1 Gew.-% Kaliumsulfat.

Seine Herstellung und Oberflächenbehandlung erfolgte analog zum vorstehend erläuterten Nitroguanidinpulver.

Die Messungen der einzelnen Innenkanaldurchmesser an 10 willkürlich ausgewählten Pulverkörnern ergaben als Verteilung, wobei die Werte wieder bereichsweise zu je 10 μ zusammengefaßt wurden:

Durchmesser in μ	Anzahl
50	1
60	1
70	3
80	6
90	10
100	18
110	20
120	28
130	50
140	34
150	10
160	5
170	3
180	1

Mittlerer Durchmesser etwa 120 μ

Als weiteres Beispiel sei ein einbasiges Neunzehnlochpulver angeführt, dessen Granulate einen Außendurchmesser von 3,5 mm, eine Schnittlänge von 4,0 mm und einen mittleren Lochdurchmesser von etwa 122 μ aufweisen. Die ballistischen Beschußergebnisse einer Treibladung aus 80 g dieses Pulvers sind in Fig. 9 wiedergegeben. Die Geschwindigkeitskurve ist dabei im betrachteten Bereich progressiv, die Druckkurve jedoch in vorteilhafter Weise eindeutig degressiv. Der Anzünddruck betrug dabei etwa 100 bar.

Das Pulver wies die nachstehende Zusammensetzung auf:

96,2 Gew.-% Nitrocellulose mit 13,17 Gew.-% Stickstoffgehalt,
 1,9 Gew.-% Akardit II,
 0,9 Gew.-% Diphenylamin,
 1,0 Gew.-% Kaliumsulfat.

Der Herstellungsgang entspricht weitgehend dem des vorbeschriebenen Nitroguanidinpulvers. Lediglich das Diphenylamin wird zur gleichmäßigeren Verteilung im Lösemittel gelöst zugegeben, d. h., die Zugabe erfolgt nicht mit den Ausgangsstoffen, sondern mit dem Lösemittel. Das Pulver wurde nicht zwecks Phlegmatisierung oberflächenbehandelt, sondern lediglich mit 0,1 Gew.-% Graphit — wie vorstehend angegeben — poliert, um infolge dadurch erhöhter Schüttdichte mehr Treibladungspulver in der Patronenhülse unterbringen zu können. Diese Graphitierung hat praktisch keinen Einfluß auf die Innenballistik, so daß dieses Pulver mit einem Grünkorn gleichzusetzen ist.

Die Messungen der einzelnen Innenkanaldurchmesser an 10 willkürlich ausgewählten Pulverkörnern ergaben als Verteilung, wobei wieder die Werte bereichsweise zu je 10 μ zusammengefaßt wurden:

Durchmesser in μ	Anzahl
50	1
60	1
70	5
80	7
90	8
100	17
110	21
120	30
130	46
140	36
150	9
160	5
170	3
180	1

Mittlerer Innenkanaldurchmesser etwa 122 μ

In der Fig. 10 ist schließlich noch ein Neunzehnlochgranulat in der Draufsicht gezeigt, wobei der zentrale Innenkanal und die 6 Innenkanäle des inneren Ringes einen größeren Durchmesser aufweisen als die 12 Innenkanäle des äußeren Ringes. Aus zeichentechnischen Gründen sind dabei die beiden Gruppen von Innenkanälen jeweils mit einem gleichen mittleren Kanaldurchmesser gezeigt. In der Wirklichkeit sind dagegen die Durchmesser der Innenkanäle unterschiedlich, so daß die zu einem Ladungsaufbau gehörenden Pulverkörner die erfindungsgemäße Verteilung der Innenkanaldurchmesser aufweisen.

Hierzu 7 Blatt Zeichnungen

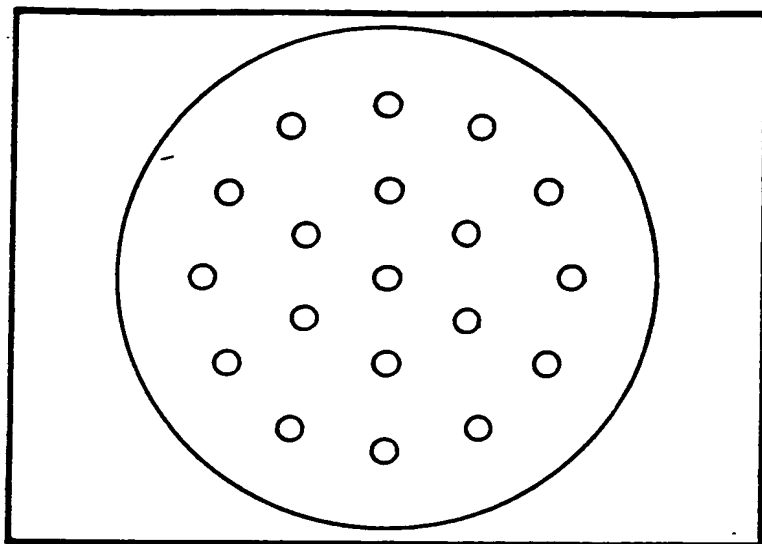


Fig. 1

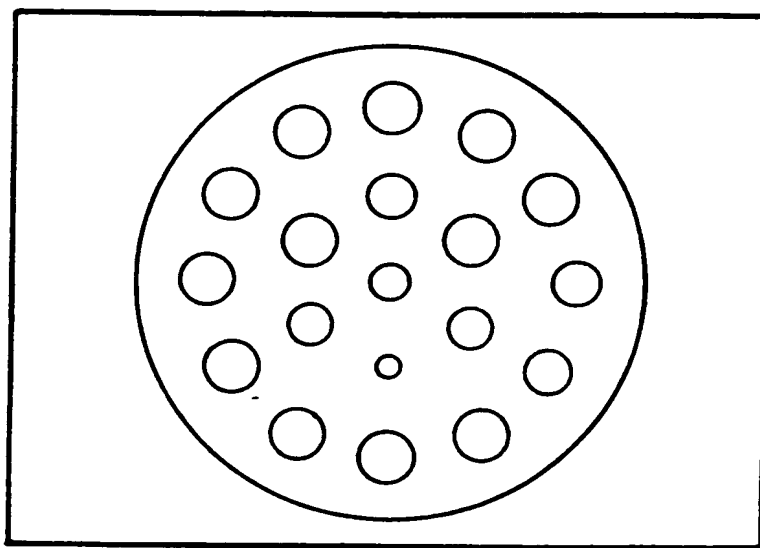


Fig. 2

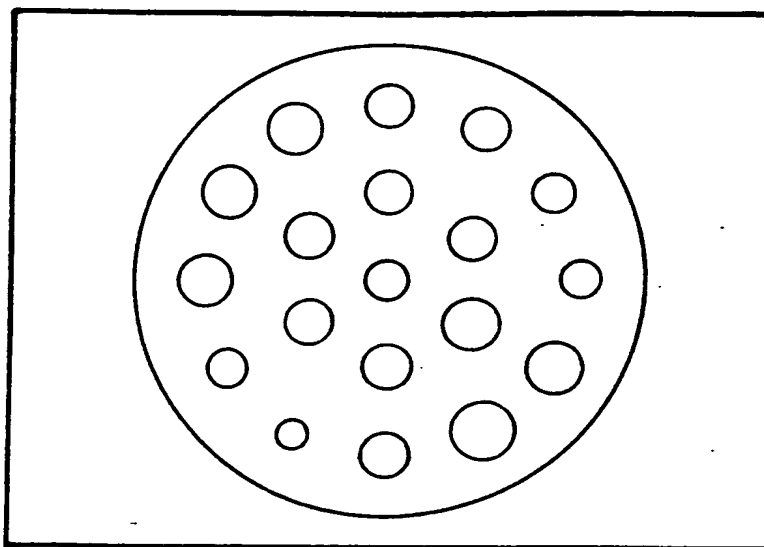


Fig.3

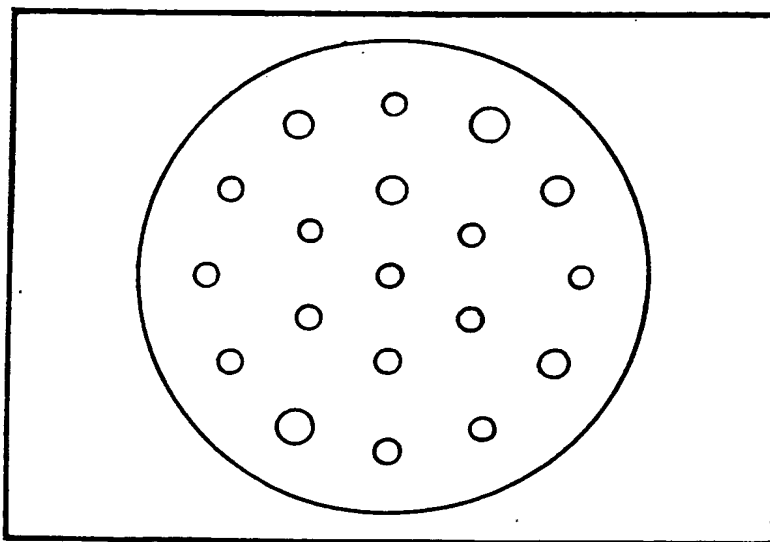


Fig.4

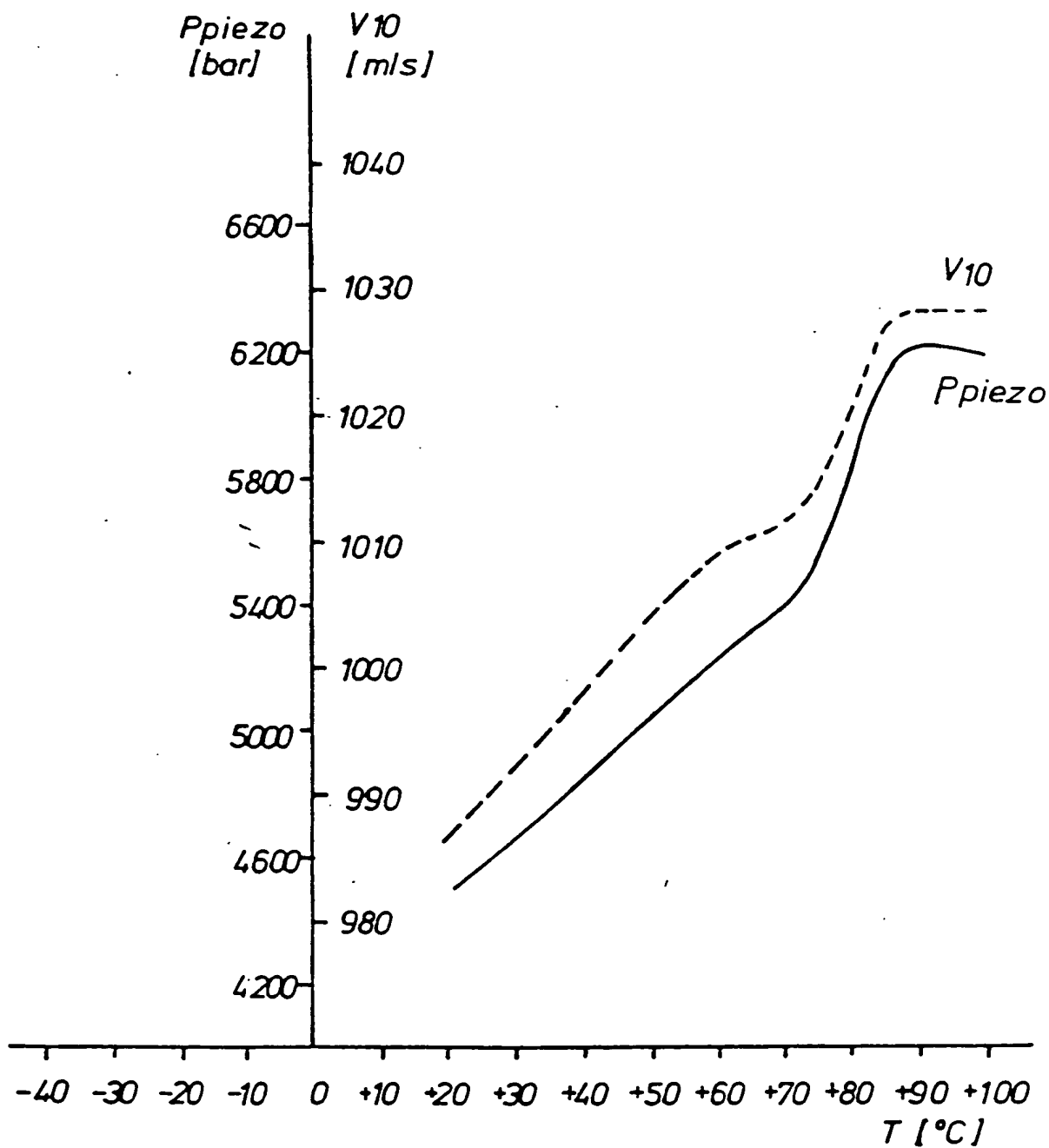


Fig.5

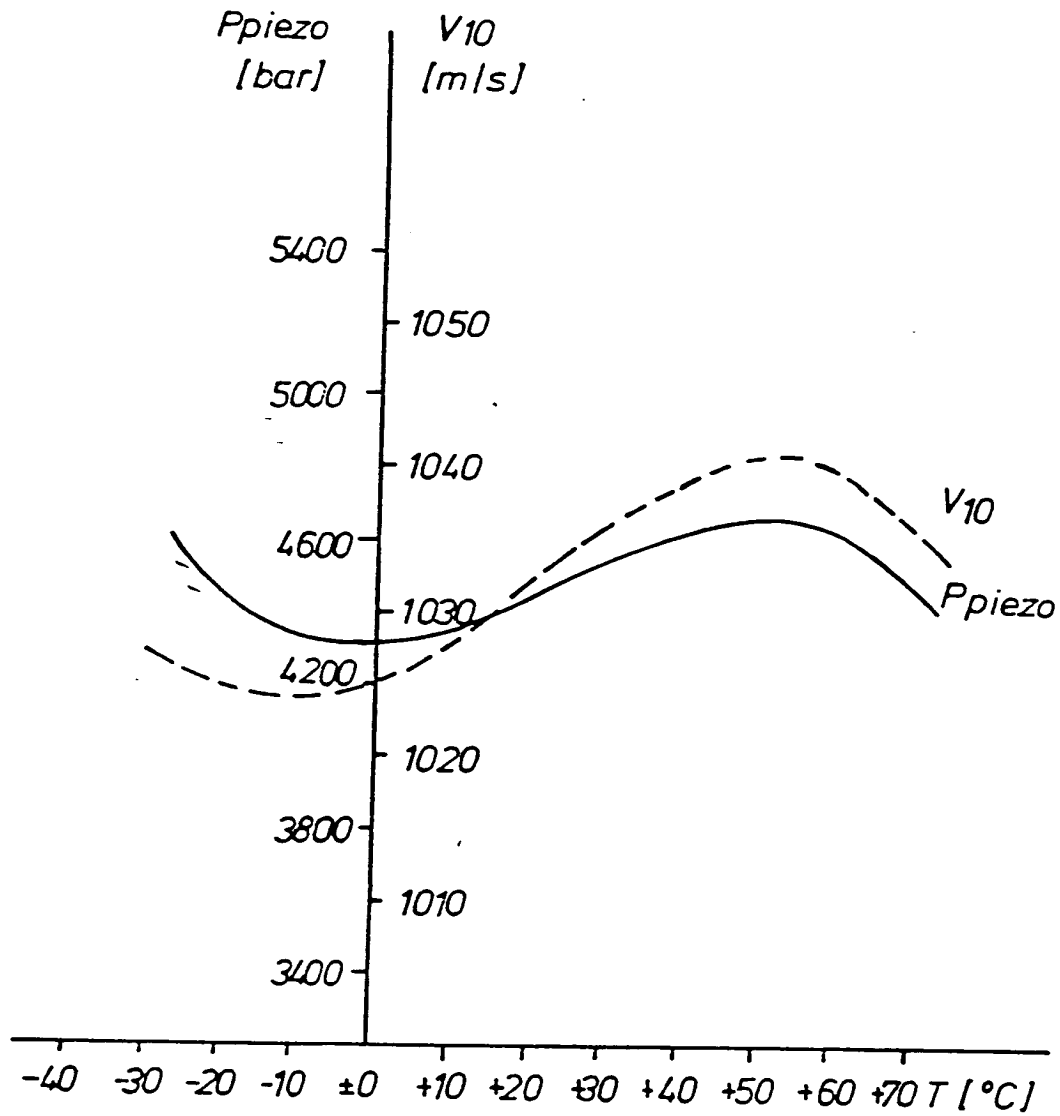


Fig.6

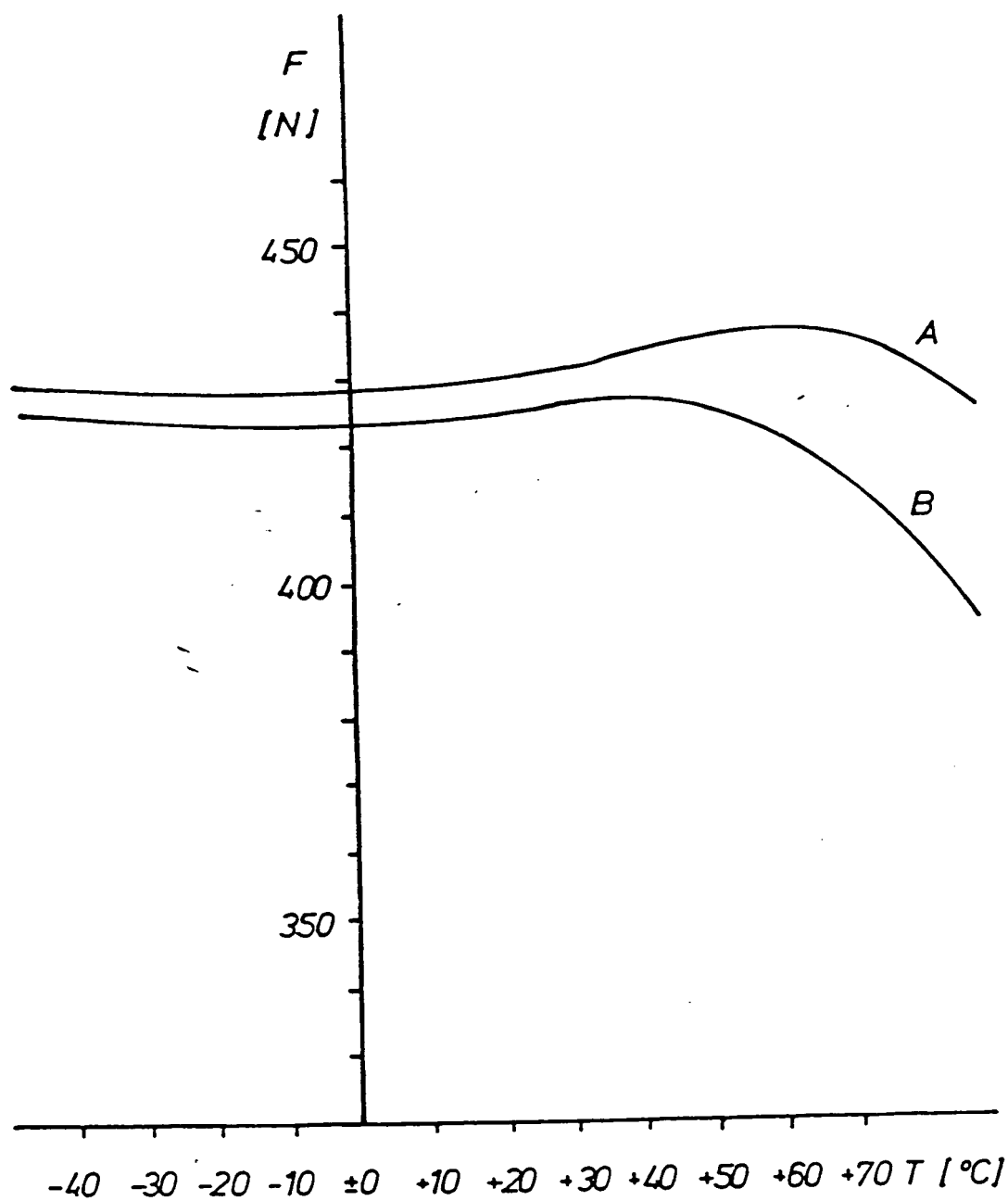


Fig. 7

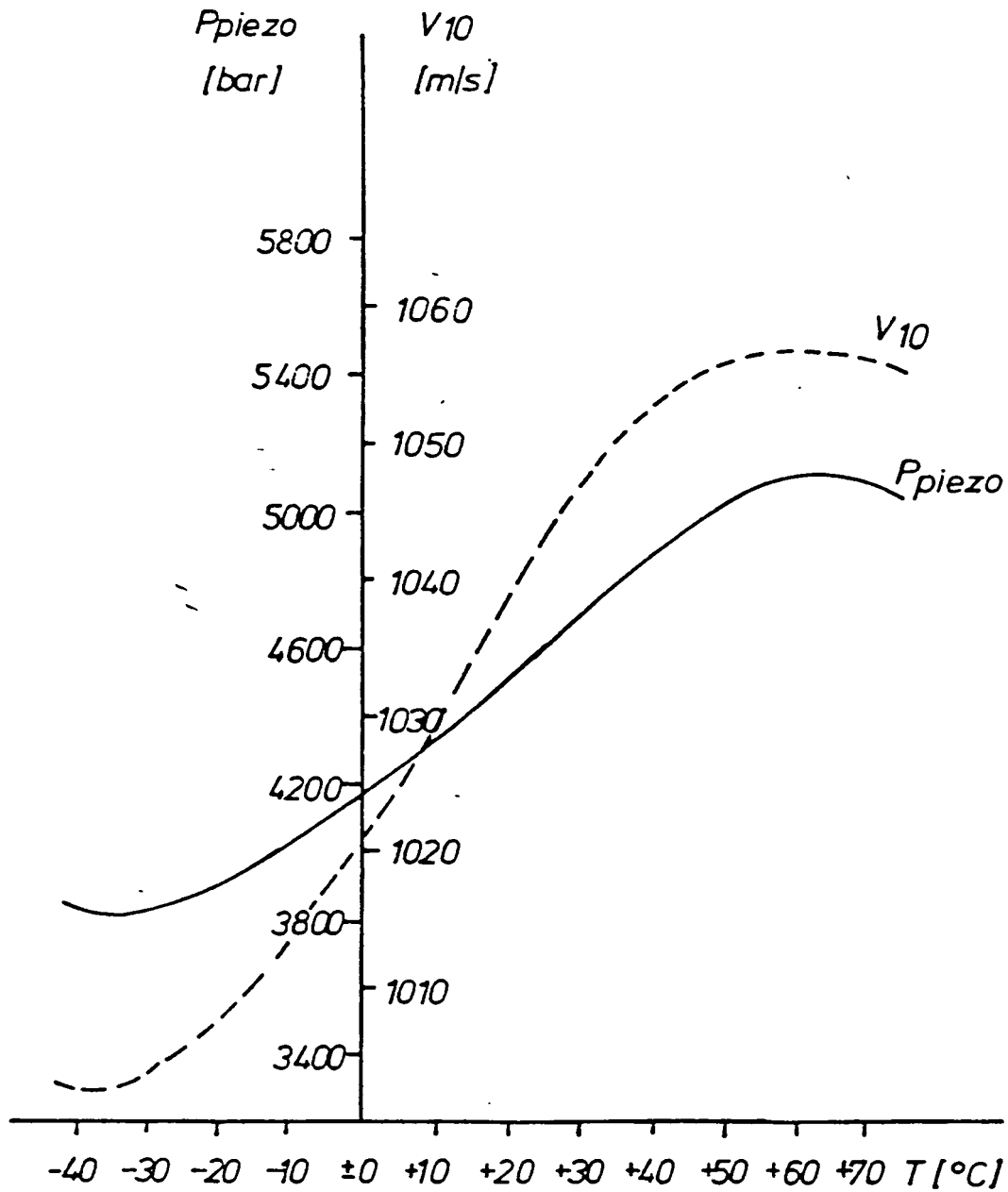


Fig. 8

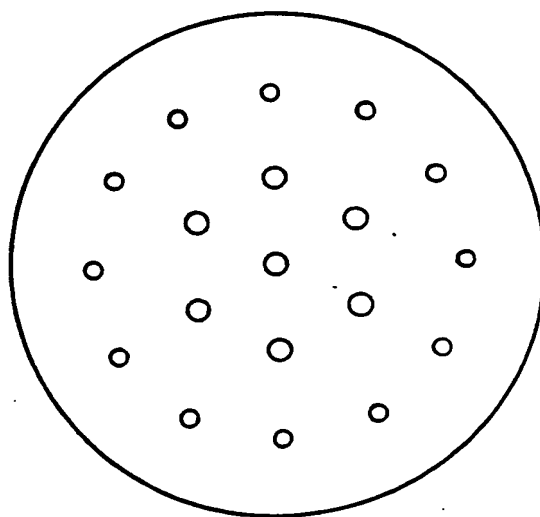


Fig. 10

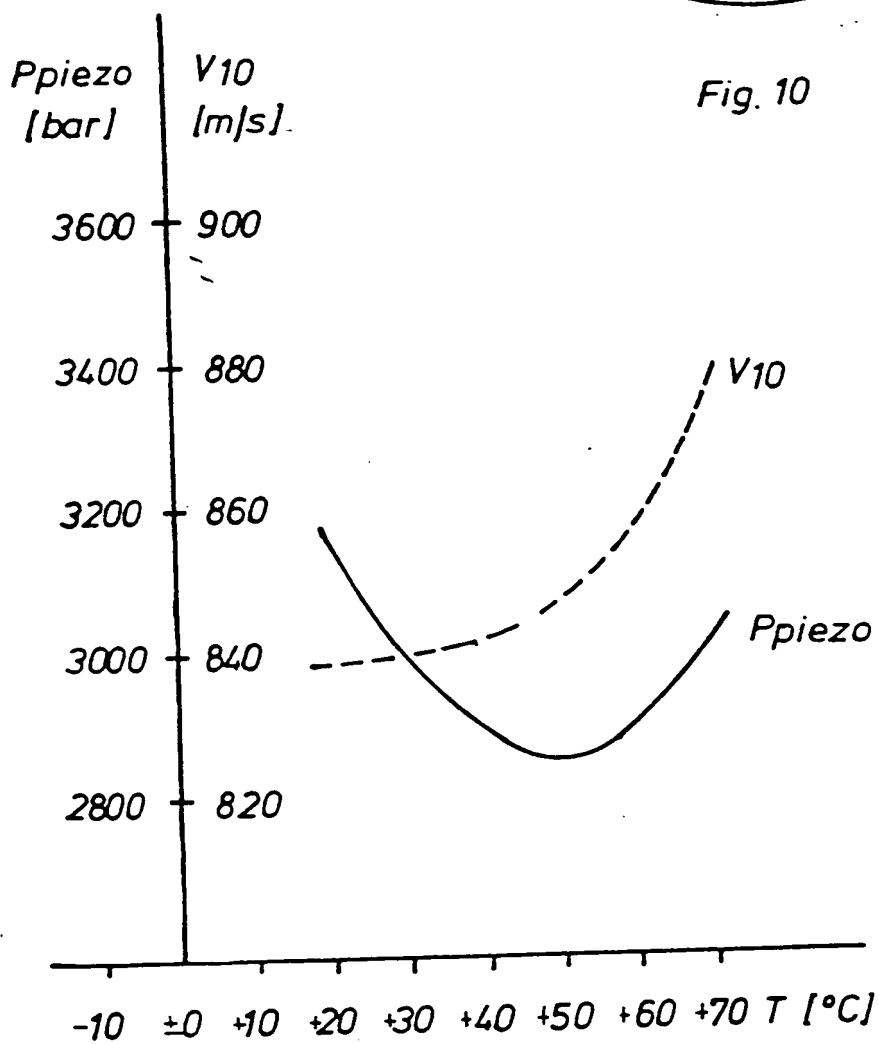


Fig. 9